

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-110388

(43)Date of publication of application : 11.04.2003

(51)Int.Cl.

H03H 3/02

H03H 9/19

(21)Application number : 2001-300277

(71)Applicant : CITIZEN WATCH CO LTD

(22)Date of filing : 28.09.2001

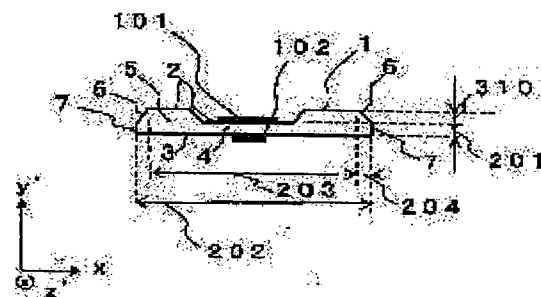
(72)Inventor : KOSAKA AKINORI

(54) PIEZOELECTRIC OSCILLATOR ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREOF, AND PIEZOELECTRIC DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problems, when a profile of a quartz piece is formed simultaneously with the wet etching work for forming a recess in the quartz piece, of the optimization being difficult because the conditions for forming the recess and for forming the profile are different, further the main surface of the recess bottom has poor surface roughness, the degree of contamination the etching solution is doubled, management of the etching speed being difficult, the available number of the quartz pieces being small because penetrated regions must be provided in individual quartz pieces, the size precision of an electrode formed according to photolithographic technology being poor, and the auxiliary oscillation reduction for stabilizing characteristics having to be carried out while taking productivity into account.

SOLUTION: A plurality of recesses are formed simultaneously on a wafer by etching, and then cut into a plurality of quartz pieces. Further, in the etching work, the vicinity to be cut later is beveled at the same time by etching.



JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]Steel Sheet Division which made thin a part of board thickness of the principal surface.

A piece of a piezo electric crystal which consists of a thick frame part of board thickness except said part.

An electrode allotted to the principal surface of both sides of said Steel Sheet Division.

Are the above the piezoelectric vibration element which it had, and said piece of a piezo electric crystal, A part of board thickness of a wafer which takes two or more pieces of a piezo electric crystal After [of wet etching and the dry etching] carrying out etching processing so that it may become thin at least using either, It dissociated and cut-processing-formed by using said wafer as a dicing saw using either of the wire saws.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子において、前記圧電体片は、2個以上の圧電体片を取るウエハーの一部の板厚を、ウェットエッチングとドライエッチングのうちの少なくともいずれか一方を利用して薄くなるようエッチング加工した後、前記ウエハーをダイシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し形成したことを特徴とする圧電振動素子。

【請求項2】 主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子において、前記圧電体片は、2個以上の圧電体片を取るウエハーの一部の板厚を、ウェットエッチングとドライエッチングのうちの少なくともいずれか一方を利用して薄くなるようエッチング加工した後、前記ウエハーをダイシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し、少なくとも前記エッチング加工した後の前記主面の一部の板厚をドライエッチングで薄くなるよう板厚調整して前記薄板部を形成したことを特徴とする圧電振動素子。

【請求項3】 前記圧電体片は、前記エッチング加工にて、前記切断加工で切断する切断線の付近を同時にエッチング加工し、少なくとも一方の主面の縁端を面取りした面取り部を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の圧電振動素子。

【請求項4】 前記圧電体片は、一方の主面の寸法である裏側主面寸法が他方の主面の寸法である表側主面寸法よりも大きいことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の圧電振動素子。

【請求項5】 前記圧電体片が厚みすべり振動を利用するATカットの水晶片であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の圧電振動素子。

【請求項6】 請求項1から請求項5いずれかに記載の圧電振動素子を、窒素または不活性ガスで満たして、もしくは真空にして密封容器に封入した圧電デバイス。

【請求項7】 主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子の製造方法において、機械加工でウエハーを形成するウエハー作成工程と、前記ウエハー作成工程で作成したウエハーの一方の主面の一部を除いて、エッチング加工に耐久性のある保護膜を形成する保護膜形成工程と、少なくとも前記一部の板厚を薄くエッチング加工するウェットエッチング工程と、前記ウェットエッチング工程後のウエハーをダイシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し前記水晶片の輪郭を形成する切断加工工程とからなることを特徴とする

る圧電振動素子の製造方法。

【請求項8】 主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子の製造方法において、機械加工でウエハーを形成するウエハー作成工程と、前記ウエハー作成工程で作成したウエハーの一方の主面の一部を除いて、エッチング加工に耐久性のある保護膜を形成する保護膜形成工程と、少なくとも前記一部の板厚を薄くエッチング加工するウェットエッチング工程と、前記ウェットエッチング工程後のウエハーをダイシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し前記水晶片の輪郭を形成する切断加工工程と、前記ウェットエッチング工程でエッチング加工した前記一部の板厚をさらに薄く板厚調整して前記薄板部を形成するドライエッチング工程とからなることを特徴とする圧電振動素子の製造方法。

【請求項9】 前記保護膜形成工程は、少なくとも一方の主面の全面に保護膜を形成し、フォトリソ技術を利用して、前記保護膜の前記一部を取り除くことを特徴とする請求項7または請求項8記載の圧電振動素子の製造方法。

【請求項10】 前記ドライエッチング工程は、前記ウェットエッチング工程でエッチング加工して形成した前記一部の板厚が、前記薄板部の板厚より $10\mu\text{m}$ 以下で厚いことを特徴とする請求項8に記載の圧電振動素子の製造方法。

【請求項11】 前記保護膜形成工程は、前記切断加工工程にて切断する切断線の付近にも保護膜を形成せず、前記ウェットエッチング工程は、前記切断線の付近もエッチング加工し、前記圧電体片の少なくとも一方の主面の縁端を面取りし面取り部を形成することを特徴とする請求項7から請求項10いずれかに記載の圧電振動素子の製造方法。

【請求項12】 前記面取り部は、前記保護膜形成工程にて、保護膜のパターンにより面取り幅と面取り深さのうちの少なくともいずれか一方を調整して形成することを特徴とする請求項11に記載の圧電振動素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本出願は、主にテレビなど民生品や、コンピュータなどのクロックや、無線通信や光通信などの高速、大容量通信に使用される周波数発生源や、物質を感知したり、圧力や加速度などを感知するセンサーなど圧電性を利用する圧電デバイスに関するものである。特に 100MHz 以上の基本波で発振する板厚の薄い水晶振動子などで、副振動などの不要な振動を極力主振動へ影響させないような圧電振動素子と、この圧電振動素子を大量に精度よく製造する製造方法、およ

びこの圧電振動素子を利用した圧電デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】水晶振動子は、通信機器にとって基準周波数を供給する重要な部品である。近年、高速、大容量通信用機器の登場により各機器の高周波化が進み、同時に共振周波数を直接高くし、ジッタなどノイズを軽減する水晶振動子をより多く供給することが求められている（ELECTRONIC DESIGN March 6 2000 p112）。一般的に、PLL回路によるてい倍で高周波化を実現するより水晶振動子の基本波周波数も高くするとノイズを抑制しやすい。ATカットなどの水晶振動子の共振周波数を高くし、VHF帯で取り扱うには、圧電体が主振動を励振する励振部分の板厚を薄くするほど高くなるため薄板化が課題となる。

【0003】特に電気的特性の安定性が問われる周波数発生源として利用する場合、高周波化を進めて基本波振動の共振周波数が100MHz以上にもなると、水晶板の板厚は約17μm以下の薄板となる。このため、加速度や衝撃など外的衝撃の影響で共振周波数が変動したり、製造時のハンドリングが悪いなど、水晶振動子の高周波化は各種の薄板の弊害を生じる。一般的な水晶振動子は平板形であり、フラットな水晶片を使用する。フラットとは、一方の主面と他方の主面がほぼ並行で、全面わたり一定の板厚である板状の形状の水晶片をいう。薄板とすることによる弊害を回避すべく、平板形の欠点を補ない、通常の平板形水晶片の外周に、より板厚の厚い枠部を有するようにして、断面で見て凹形状の水晶片を利用する凹形水晶振動素子がすでに発明されている。本明細書では、凹形水晶片の板厚が薄い部分を薄板部という。凹形水晶振動素子は、丸形をはじめ、四角形のものなど1970年代から内外で発表されている（米国特許公報 第3,694,677号）。また、凹形水晶振動素子の振動モードなども中澤らにより研究されてきた（信学技報 US76-16,7 昭和51年）さらに、Q値を向上するために凹形水晶片の表面にコンベックス形状を形成し、周波数温度特性について研究している（電気学会論文誌 昭和57-2 p59）。外的衝撃の影響を受けるこの薄板を利用すると、低周波で板厚の厚い圧電振動素子より敏感に電極表面の重量変化を感じることからガス検知用など微量変化を検出したり、重量点の変位による加速度測定などの高性能センサーとして使用する用途もある。

【0004】近年、研削加工や研磨加工などの技術力向上により、薄い板厚の平板形の圧電体片をハンドリングする技術、保持器に固定する技術などが各種要素技術の進展により向上され、ある一定の板厚であるならば、薄板の弊害を解決して平板形が利用されている。10μmほどの薄い平板の水晶片をパンプで実装したり、SMDパッケージに実装して表面実装型水晶振動子とするもの

も考案されている。同じ外形寸法の水晶振動素子では、凹形より平板形が次のような有利な場合がある。電圧制御水晶発振器（以下、VCXO）などのために容量比などを小さくし、周波数の可変幅を大きくするために、電極の面積が重要な設計パラメータとなる場合、加圧センサーなどの圧電デバイスでは電極を大きくした方が電荷を拾いやすく、つまり感度を得るために電極を大きくしたり、電極を各種形状にするために大きな面積を必要とする場合、さらに板厚に対して広い主面の面積を取りたい場合などである。

【0005】本明細書の主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片とは凹形圧電体片であり、逆メサ形ともいう。本明細書では主面の一部の板厚を薄くすることを凹形状を形成するという。凹形状の板厚の薄い部分を薄板部、板厚の厚い部分を枠部と呼ぶ。凹形状の形成は底の薄板部の板厚を制御する必要があることから、大量生産することが一般的に困難である。また、現在一般的に表面実装型水晶振動子または水晶発振器に広く搭載されているのは板厚で約35μm以上であるが、平板形的水晶片である。このため、従来の水晶振動子製造で利用されてきた平板形的水晶片を取り扱うほうが、従来設備の流用なども容易である。このように、平板形水晶振動子は凹形水晶振動素子より有利な面も多いが、例えば、今後考えられる10μm未満の板厚を有する水晶振動素子などでは前述の薄板の弊害より凹形水晶片に有利な面も多くなり、今後は使用する用途によりこれらを使い分ける可能性が高い。

【0006】凹形水晶片は平坦な主面に凹形状を形成する。凹形状の形成は、一般的にフッ化水素酸やフッ化アンモニウムを含むエッチング用液を利用して水晶を溶解してエッチング加工するウェットエッチングや、CF₄やCHF₃やC₂H₆など反応性のガスを利用して水晶をエッチング加工するドライエッチングなどの化学的加工方法や、レーザーや超音波やサンドブラストなどを利用して衝撃などで加工する物理的加工方法などがある。ドライエッチングは薄板部の主面の表面粗さを荒らさず加工できるが500Å/minとエッチング速度が遅く加工に時間がかかる。物理的加工方法は個々に加工したり物理的衝撃による亀裂や、加工層が電気的特性の劣化を招く。ウェットエッチングとは、液体を利用して、水晶を溶解し加工する方法である。エッチング用液には上記の他添加剤を混ぜてエッチング速度の安定、表面粗さの改善をはかることも有る。大量の水晶片やウエハーを同時に加工でき生産性に優れ、エッチング速度もATカットの切断面に垂直方向に2μm/分程度と速い。通常、エッチング用液をテフロン（登録商標）容器に入れ50度から90度程度にし、これに水晶を浸ける。水晶を揺動してもよい。板厚を薄くする加工の例としては、保護膜を主面の全面に形成し、その後板厚を薄くする薄

板部に相当する領域の保護膜を取り除き、エッチング用液に浸けて保護膜を取り除いた部分が加工され板厚を薄くし、主面に凹みを形成する。現在は主面に垂直な方向より見て、薄板部の形状が4角形や円形の凹形水晶振動子が主に利用されている。本明細書のエッチング加工は主にウェットエッチングによるウエハーの加工をいう。

【0007】ウェットエッチングによる水晶片のエッチング加工では、凹形状の形成と同時に通常輪郭も形成する。音叉型水晶振動素子では一般的にウェットエッチングを利用し、その輪郭を形成している。しかし、輪郭での貫通を完全に寸法精度を確保するために、隣接する水晶片同士を一定距離で離す必要から、一枚のウエハーから取る水晶片の数は少なくなる。さらにエッチング加工後に水晶片がバラバラにならないよう接続部やフレーム部を作る必要がありさらに取れる数は少なくなる。また凹形水晶片では、薄板部は一方の主面からのみエッチング加工し、輪郭部は両側の主面からエッチング加工する。この時、輪郭の形成は、輪郭寸法のバラツキをなくするため十分なウエハーの揺動が必要だが、凹形状の形成は輪郭の形成に最適な揺動を行うと表面が荒れたりする。また、ウェットエッチングの液組成や温度などの条件もそれぞれ異なる。

【0008】本明細書で、圧電体片とは、結晶軸に対してある決められた幾何学的形状・寸法および角度に切断した結晶片をいう。さらに圧電体片に電極を配して電荷をかけ振動を得るなど圧電性を利用する素子を圧電振動素子とよび、圧電振動素子を保持器に封入、つまり密封して圧電デバイスとして使用する。ATカットやSCカットは電極を少なくとも表裏主面、それぞれに配する。フィルターなどでは一方の主面に2つ以上の電極を配することもある。圧電デバイスは圧電振動素子を保持器に入れて封入したもので、振動子や発振器やセンサーや光学素子などであり、圧電体の結晶には水晶の他にラングサイトやニオブ酸リチウムなどの圧電性を示す単結晶があげられる。水晶の場合には、圧電体片とは水晶片であり、圧電振動素子とは水晶片と水晶片に配した電極で構成される水晶振動素子であり、圧電デバイスとは、水晶振動素子を保持器に封入した水晶振動子、水晶発振器または水晶を利用するセンサー部品や光学用素子などをいう。

【0009】ATカットの水晶振動子の場合、図11で示すとおり、利用したい主振動は厚み滑り振動(a)で主振動として利用するが、屈曲振動(d)、伸長振動(e)または輪郭すべり振動(f)などの高次の不要な副振動が存在し、さらにこれら水晶片の輪郭の寸法などをパラメータとする副振動だけでなく、厚みねじれ振動モード(b)や、インハーモニックモード(c)などの基本振動または高次の副振動も発生する。901は電荷のプラス領域、902は電荷のマイナス領域を示し、図9中の矢印は変位方向を示す。副振動は、主振動の共振

周波数の近傍に存在すると影響を与え、例えば電極を加工して周波数調整する時に調整精度を悪くしたり、容量により共振周波数を可変するのに主振動と結合したり、温度を変化させると主振動と影響し合い主振動が不連続に周波数が変動する周波数ジャンプなどをおこし、時に振動を停止するなどして圧電デバイスの特性を非常に不安定にする。このため、副振動を減衰させたり、主要振動の共振周波数から離して結合を少なくするのに、ベベリング加工やコンベックス加工が一般的になされている。

【0010】ベベリング加工とは、圧電体片の主面の縁端を面取りする加工である。通常は斜面研磨し、主面に対して斜めにする。コンベックス加工とは、表面の形状を凸レンズ形状にし、片側を凸または両側を凸にするものである。水晶振動子などの水晶片の面取りをすると、屈曲振動や伸長振動や輪郭すべり振動を減衰し、これら副振動の共振周波数を大きく変えられる。これらにより、理想的な厚み滑り振動に近づけられる(岡野庄太郎著「水晶周波数制御デバイス」p64)。厚み滑り振動の振動変位を電極中央に集中させ縁端における支持損失を小さくするなどする(滝貞男著「人工水晶とその電気的応用」p101)。これらにより、主振動である厚みすべり振動の特性、特に温度変化により副振動が主振動に影響するなどが改善されると同時に、圧電デバイスとして使用における特性変化を軽減する。本明細書では面取りした部分面取り部と言い、従来から行われてきたベベリング加工により面取りしたのと同様な効果を圧電振動素子に付加する。面取り部の寸法についても十分検討されてきた。ベベリング加工は、研削機械や研磨機械などの装置を使用して作成され、従来から高性能の圧電デバイスに対して一定の数量を製造され続けている。だが、ベベリング加工は水晶片個々に行うために手間がかかり大量に製造するのが困難である。また、円形は加工しやすく、方形は加工しにくいなど水晶片の形状に加工難度も左右され近年の多様化した水晶片の形状に対応困難であり、コストも高く低価格化が困難である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、エッチング加工により水晶片を加工するのに、輪郭を形成する場合、水素片の間に貫通部を設けたり、ハンドリングに必要な十分な強度のフレーム部を形成するのに面積を取られるため取れ数が少なく生産性が悪い。また、凹形状を形成する場合、輪郭の形成と同時に起こると、ウェットエッチングの条件がそれぞれ異なり最適化が出来ないことから、加工精度が悪く寸法精度や薄板部の主面の粗さが悪くなる。さらに、貫通した輪郭をもつ従来のウェットエッチングによる水晶片の輪郭の形成では電極をフォトリソ技術で微細に形成する場合、レジストの凹凸や水晶片のひずみで位置ズレや寸法精度が悪くなる。また、副振動軽減のため水晶片の面取り加工を行う場合、

水晶片の輪郭形状で加工難度が増え、また水晶片を個々に加工が必要など生産性が悪い。また、ダイシングソーなどの切断加工により水晶片を切断するとチップングなどが起こりやすい。

【0012】本発明は前記問題点を顧みてなされたもので、水晶片の輪郭の寸法精度や主面の表面粗さに優れ、さらに副振動対策のなされた特性の安定した圧電振動素子と、これを利用する圧電デバイスを提供することを目的とする。さらに面取り加工の生産効率性を確保し、前記のような圧電振動素子の製造方法を提供することを他の目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子において、前記圧電体片は、2個以上の前記圧電体片を取るウエハーの一部の板厚を、ウェットエッチングとドライエッチングのうちの少なくともいずれか一方を利用して薄くなるようエッチング加工した後、前記ウエハーをダイシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し形成する。さらに、前記圧電体片は、前記エッチング加工にて、前記切断加工で切断する切断領域の付近を同時にエッチング加工し、少なくとも一方の主面の縁端を面取りした面取り部を有する。

【0014】

【発明の実施の形態】（実施例1）図1は本発明の構成を示す図である。大容量高速度通信用機器において、より高周波数を発振する圧電デバイスを必要とするが、周波数発生源に利用するATカット水晶振動子などは高周波化するには板厚を薄くする必要があり、薄板の弊害を解決する主面の一部の板厚を薄くした凹形水晶片がある。また、ウェットエッチングにより水晶片に凹形状を形成するなどエッチング加工するのに、同時に輪郭を形成すると、水素片個々に隙間を設けたりするため取れ数が少なく生産性が悪い。また、凹形状を形成する条件と、輪郭の形成の条件が異なり最適化が出来ないために水晶片の寸法精度が悪く、薄板部の主面の粗さが悪くなる。また、副振動軽減のためベベリング加工を行う場合、水晶片を個々に加工が必要など生産性が悪い。本発明は前記問題点を顧みてなされたもので、寸法精度や主面の表面粗さに優れ、さらに副振動対策のなされた特性の安定した圧電振動素子と、その製造方法、及びこれを利用する圧電デバイスを提供する。

【0015】図1は、主面2の一部の板厚を薄くした薄板部4と、前記一部を除く板厚の厚い枠部5とからなる水晶片1と、薄板部4の両側の主面2、3に配する電極101、102を有する水晶振動素子である。保持器405に封入して水晶振動子、つまり本明細書でいう圧電デバイスとして使用する。通常は水晶片1を電極と共に

保持し、保持器に封入した物を水晶振動子という（水晶デバイスの解説と応用日本水晶デバイス工業会1996年10月）。圧電体片に利用する結晶には他にランガサイトやニオブ酸リチウムなどの圧電性を示す単結晶があげられ、特に水晶は現在一般的に周波数発生源として利用されている。ランガサイトは水晶と同様に安定した周波数発生源として期待されている。図右の矢印は水晶片1の幾何学的な方位を示す結晶軸を示す。本例はATカットの水晶片1を利用し、Y軸に垂直なYカット水晶片をX軸回りに回転した位置で切断してえられるため、正規の軸方向から回転しているためにZ'とY'と表示している。また、矢印の方向を+としている。

【0016】図2は水晶片1をZ'軸に垂直な面での断面図である。図3は図2と同方向から見た水晶片1をウェットエッチングによりエッチング加工するのに、水晶片の外形を決定する保護膜302、303のパターンをしめす断面図である。図4はウエハー301から圧電デバイスを製造するプロセスの概要である。図5は図4をy'に垂直な方向から見たプロセスの概要である。図6は従来のウェットエッチングによるエッチング加工のプロセスの概要である。図7は本発明の圧電振動素子に利用する圧電体片1の例である。図8は本発明の保護膜302、303のパターンの例である。図9は面取りしない圧電振動素子である。図10は図9の断面図である。

【0017】図1と図2を中心に図3～図10を説明し、図4により製造プロセスの例を説明する。符号1は水晶片であり、ATカットのウエハー301をエッチング用液に浸けて凹形状を形成し、このウエハー301を切断加工して切断面7を形成し輪郭を形成して複数の水晶片1を分離する。さらに分離した個々の水晶片1をドライエッチングにより板厚を薄くして板厚調整して板厚201の薄板部4を形成したものである。凹形状が水晶片1のほぼ中央付近にあり、図2で見ると凹形状であることがわかる。本明細書での輪郭とは図1のように主面2に垂直な方向から見た水晶片の輪郭をいう。水晶片1のカット角はウエハー形成で決定されるが、主にATカットの他にSCカットなどを利用する。SCカットは特性が高安定の周波数発生源として利用する。ウエハーとは、一定の板厚の板で、ランバートという結晶板をバンドソーやワイヤーソーなどを用いてATカットで切断し、研磨加工により板厚を薄くし、場合により別種類の砥粒を使用し研磨し両方の主面2、3を鏡面にする。本例のウエハー301の板厚は80μm程度である。主面とは、水晶片1またはウエハー301で最も面積の広い面を言い、本例ではATカットの切断面と平行な面、図1ではy'軸に垂直な面である主面2、さらに裏側の主面3に相当する。また表とは図1でいう正面であり、裏とは逆側に位置するy'軸に垂直な面であり、表と裏は本来どちらでもかまわない。つまり、本明細書でいう表側とは圧電体片の一方の主面であり、裏側とはもう片方

の主面という意味で。

【0018】2は、主面である。中央付近がへこんで凹形状を有する。図2のように板厚201は、薄板部4の周辺より薄く構成されている。板厚とは、主面2と主面3との距離である。薄板部4の板厚201は10 μ mである。また、主面2の表面荒さは凹凸を30nm以下に抑えている。従来の製造方法では凹凸を30nm以下に抑えるのは困難で歩留まりが悪い。主面2の寸法は表側主面寸法203で示す。3は、主面2に対向する主面であり、主面2に並行である。主面3の寸法は裏側主面寸法202で示す。本例では裏側主面寸法202が表側主面寸法203より大きい。これにより、主面2、3に垂直な切断面7を有しても斜めな面である面取り部6を有する形状となる。4は、薄板部であり、この主面2、3に対向する電極101、102を配し、厚みすべり振動を主振動として得る。水晶片1の輪郭は長方形であるが、形状は円形でも、正方形でも、3角形でもよい。円形は製造容易で一般的に使用されている形であり、3角形は水晶などの3回対称性を利用し輪郭が形成しやすく、安定した寸法精度を得られる。5は、枠部であり薄板部4と連続した同じ材料で構成され、10 μ mほどの薄い薄板部4の変形またはワレや折れを防ぎ、さらに製造時のハンドリングを容易にしている。

【0019】面取り部6は、凹形状を形成するエッチング加工と同時に形成する。本例の水晶振動素子は主面2の縁端に面取り部6を形成することで従来のベベリング加工と同じように副振動を軽減したり、その共振周波数を変化させて主振動の共振周波数より離す。主面2の縁端とは、図9でいう主面2と切断面7の境であり、本例では図2のように主面2と切断面7の間に面取り部6を形成し面取りしてある。面取り部6の寸法は面取り部幅寸法204と面取り部深さ寸法310で示される。面取り部6の各寸法は主面2に形成する保護膜302のパターンにより大きく左右される。さらに面取り部6をウェットエッチングで形成する場合、水晶の異方性により面取り部6の各寸法は、エッチング加工の過程によるアンダーカット部311や結晶の異方性によるエッチング速度の違いによっても左右され、主に保護膜302のパターンで補正する。これにより、面取りを自由な寸法で行い副振動の軽減や副振動の共振周波数を任意に調節し、さらにウエハー301の強度を確保したり調整する。

【0020】7は、切断面であり、ウェットエッチングにより主面2に凹形状を形成後に、ダイシングソーまたはワイヤーソーにより切断加工し個々の水晶片1に分離した際に形成する面である。切断加工前はこの面で複数の水晶片とつながっておりウエハー301を構成していた。切断面7は、主面3に対してほぼ垂直である。101、102は電極である。主にAu、Ag、Al、Ni、Crや、これらの合金や、これらを積層したもので

ある。Auは耐腐食性にすぐれ長期間安定した特性を持続する。AlはAuより軽量で板厚が10 μ mなどと非常に薄い場合に重力による余分な変形を与えないだけでなく、周波数調整の速度を遅くし調整を容易にする。本例ではCrを20Å、Auを600Åの2層構造にしCrをAuと水晶の緩衝材的役割で利用する。また電極101は、マスクに穴をあけ形成しているが、電極102は、一度主面3の全面に金属膜をつけ、フォトリソ技術で形状を作成し寸法精度を確保している。電極101もこのように形成しても良いが、コンタクト露光の場合、凹形状を有する水晶片は露光マスクとギャップを生じるため主面3のように平坦な面で形状を形成するより寸法精度が悪い。電極102は主面3から主面2にまわしこまれており、面取り部6と切断面の一部にも配されて連続した金属膜である。不連続でも導通がとれていれば良い。

【0021】図3は、水晶のウエハー301にエッチング加工に耐久性ある保護膜302、303を形成し、水晶を溶解するエッチング液に浸けてエッチング加工することでエッチング部307、308が溶解されることを示した図である。保護膜302、303は、主にAuやPtやCrやNi、またはこれらの合金、またはこれらを積層した膜である。特に水晶片1にCr、さらにAuを成膜する2層構造の保護膜は水晶のエッチング加工では一般的に使用されている。Crの代わりにNi、Auの代わりにPtを使用しても同様な耐溶液性の保護膜が得られるが、材料費や合金層の成長具合などにより選択する。保護膜302、303はウェットエッチングに使用するエッチング用液により水晶片1を溶解させないように保護する耐久性があればよく、有機物で形成されても良い。保護膜302で覆った主面2は溶解されず残り、保護膜302で覆わず主面2が露出している部分は主面2から溶解され凹む。保護膜302、303を主面2、3に形成した任意の形状のパターンで形成し水晶片1を任意に加工する。本例では主面2全面に形成した保護膜302の一部を除いてパターンを形成する。つまり、薄板部401を形成するため保護膜取り除き部304を設け、エッチング部307を溶解する。この時、同時に面取り部6を形成するために保護膜取り除き部305を設け、エッチング部308を溶解する。

【0022】このように保護膜取り除き部304、305の寸法により保護膜302のパターンは決定する。本例では30 μ mの取り除き部幅寸法306を儲け、エッチング加工することで、エッチング部幅寸法306が50 μ m、面取り部深さ寸法310が40 μ mで形成した。取り除き部幅寸法306を大きくすると面取り部深さ寸法310は最大でエッチング部307と同じ深さまでの凹みとなり、底に主面2に平行な面をエッチング部307と同様に形成する。図8の(p)のような断面になる。アンダーカット部311の形成は図3の取り除き

幅寸法 306 がエッチング部幅寸法 301 より小さいことからその発生が確認される。取り除き部幅寸法 306 を小さくすると、各寸法も小さくなり、調整することが可能となる。面取り部深さ寸法 310 は $0\mu\text{m}$ にするとエッチング加工されず、図 8 の (q) つまり図 10 のような断面となり面取りしない形状となる。保護膜 303 は、保護膜 302 と同様に構成されるが、本例では主面 3 全面に形成され任意のパターンを有していない。しかし、保護膜 303 に任意のパターンで形成することで図 8 の (r) や (s) や (v) のように任意に面取り部 6 を形成したり、図 8 の (t) 、 (u) のように主面 3 に保護膜 303 を設けないことで全面においてエッチング加工してもよい。

【0023】312 は切断線でこの線に沿って切断加工する。切断加工は、少なくともエッチング加工により主面 2 の一部に凹形状を形成し、つまり薄板部 402 を形成した後におこなう。本例ではダイシングソーでおこなった。ウエハー 301 を重ねて接着剤で固めて切断加工してもよく、手間とコストにより選択する。ダイシングによる切断加工では、切断加工前に電極 101 または電極 102 を形成し切断線 312 の基準線を同時に配し、切断加工すると精度を確保しやすい。保護膜 303 の剥離において一部を取り除かず、切断線 312 の基準線を主面 3 にパターンで残す方法は工数が省けてよい。本例では保護膜 302 、 303 を剥離した主面 3 に直接レジストで形成した基準線を利用してアライニングし、 x 方向 2mm 、 z' 方向 4mm の一定間隔で切断加工した。この時ほぼエッチング部 308 の中心付近で切断するが、水晶の異方性により多少ずれたり、V 字の底でないことや、面取り部 6 の面が凸凹したりもするが、全体の形状として面取りされ面取り部 6 が形成されていれば良い。特に、裏側主面寸法 202 が表側主面寸法 203 より大きくなる。長方形で切断する場合、切断線 312 の間隔寸法で水晶片 1 の輪郭寸法は決定する。切断加工で水晶片 1 の輪郭を形成しウエハー 301 から分離することで、図 6 の (d) のように隣りの水晶片 1 の間に隙間を開け貫通部 604 を設けたり、ハンドリング用のフレーム部 602 を広い面積で設けなくて、図 5 の (d) のように水晶片 1 が隣接することで、ウエハー 301 から水晶片 1 を取る数が増える。本例では 1 インチのウエハー 301 から 50 個を取った。

【0024】また、エッチング加工による薄板部 402 の形成と、切断加工による輪郭の加工を別におこなうことで、薄板部 402 の主面 2 は最適の条件でウエットエッチングする。また、面取り部 6 を形成した後に切断加工することで縁端が欠けるチッピングを最小限に抑える。また、図 6 の従来のウエットエッチングのプロセスのように一部で水晶片 1 を支えないためプロセス途中での脱落など少なくなり歩留まりが上昇する。また、電極 102 をフォトリソ技術にて微細なパターンで形成する

場合に図 6 の (d) と比較して、図 5 の (d) のように貫通部 604 が存在しないことから、水晶片 1 がコンタクト露光やレジストの凹凸により変形しないため、位置ズレや寸法ズレを防止し正確に電極を形成する。

【0025】図 4 は、水晶振動子の製造手順の概要であり、ウエハー 301 にウエットエッチングによるエッチング加工で凹形状をマトリックス状に 50 個形成し、その後ダイシングソーによる切断加工で 50 個の同形的水晶片 1 に分離して、板厚をドライエッチングにより微調整して、その後電極を形成して水晶振動素子とする。さらに、この水晶振動素子を保持器 405 に固定し電極 102 をイオンガンで削り周波数を調整し、封止して水晶振動子とする。詳しい説明は後に述べる。図 5 (a) から図 5 (c) は、図 4 を y' 軸に垂直な方向から見た図で、ほぼ図 4 の (a) から図 4 (c) に対応する。図 4 (c) の保護膜 302 の一部を取り除いて保護膜取り除き部 304 、 305 を設け、主面 2 、 3 を露出させる。図 5 (d) は図 5 (c) をエッチング加工した後切断線 312 を記入し切断加工する位置を明確に示した。エッチング加工により、保護膜取り除き部 304 は薄板部 402 となり凹形状が形成し、同時に保護膜取り除き部 305 は面取り部 6 を形成する。図 5 では水晶片を 9 個の取るように示してあるが、実際には同様にマトリックス状に水晶片 1 が並び、50 個を同時に取る。また、ハンドリングするための領域としてフレーム部 501 を設けても良い。必要ない場合は設けなくてもよくその分取れ数は増える。また、面取り部幅寸法 204 や面取り部深さ寸法 310 (c) を十分に大きく取る場合はエッチング加工後に水晶片 1 個々の接続部 313 の強度が十分でない場合は、フレーム部 501 を充分にとり、ウエハー 301 のワレを防ぎハンドリングを容易にする。

【0026】図 6 は従来のウエットエッチングを利用した水晶振動素子の製造手順の概要であり、図 5 に対応して示した。音叉形水晶振動素子などで利用されている。図 6 (a) はウエハー 301 の形成であり、図 6 (b) は主面 2 の全面に保護膜 302 を形成する。図 6 (c) でフォトリソ技術により水晶片 1 の輪郭と接続部 601 とフレーム部 602 を有するパターンで保護膜 302 を形成する。保護膜取り除き部 603 はエッチング加工により貫通し貫通部 604 を形成し水晶片 1 の輪郭をほぼ決定する。図 6 (d) の切断線 312 で接続部 601 付近を切断加工することで個々の水晶片 1 に分離する。この時、切断加工前に電極を形成してもよく、水晶片 1 を個々にハンドリングして加工する手間を省ける。図 5 ではエッチング部幅寸法 309 と切断線 312 の位置を調整し、任意の面取り部幅寸法 204 と面取り部深さ寸法 310 の面取り部 6 を形成し水晶片 1 の輪郭を形成する。図 6 ではエッチング加工でのみ水晶片 1 の輪郭を形成するため、水晶の異方性やアンダーカットにより面取り部 6 は形成するが、切断面 7 を形成されない。また、

フレーム部602は接続部601とハンドリングを容易にするために形成し、さらにハンドリングに耐える強度をフレーム部602のみで有す必要から図5のフレーム部501に比べて面積を広くとる。

【0027】図7は、水晶片1の例を断面図で示した。図8は、保護膜302、303のパターンの例を示し、図8のパターンにより図7の水晶片1の形状はほぼ決定するため、まとめて説明する。図4(e)における水晶片1と同じ状態で、切断加工工程の後で、402はドライエッチング部である。図7(a)は本例と同形であり、図8(o)の保護膜302、303のパターンでエッチング加工して形成する。図7(b)は主面3の縁端も面取りした。図8(o)のようなパターンの保護膜302だけでなく、保護膜303にも保護膜取り除き部802を設けたパターンである図8(s)でエッチング加工し形成される。この時、取り除き部幅寸法306を図8(o)と比較して小さくすることで面取り部深さ寸法310を小さく調整してエッチング加工後にハンドリングに耐えうるウエハー301の強度を確保する。十分に取り除き部幅寸法306を大きく取ると両側の主面2、3からエッチング加工するために貫通してしまう。図7(c)はエッチング部308を形成せず切断加工によりのみ水晶片1の輪郭を形成する。図8(o)のようなパターンの保護膜302、303を利用し面取り部6は形成されない。

【0028】図7(d)は薄板部4が水晶片1の一方面にずれていて、薄板部4を保持器405で支持する領域から距離を離して形成し、影響を軽減するのを可能とする。これは、図8(o)で保護膜取り除き部304の位置をずらして保護膜302を形成すればよい。図7

(e)は、枠部5が一方面に存在しない形状であるが主面2の一部の板厚が薄くなっていることに他のものと変わりはない。図8(u)のようなパターンで保護膜302を形成すればよく、切断線312は溶解部307に切断線312を設けても良い。これは、枠部5を省略し水晶片1の小型化しやすい。図7(f)は面取り部6の面取り部幅寸法310と面取り部深さ寸法204が(a)に比べて小さい。これは図8(o)の取り除き部幅寸法306を小さくすることで調整する。また、保護膜取り除き部305をズラし切断線312に対する位置を調整しても良い。これにより水晶の異方性による誤差を調整し任意の面取り部6を形成するよう可能となる。

【0029】図7(g)はそれぞれ異なった主面にエッチング部307、308を形成する。主面2に凹形状を有し薄板部4を構成し、主面3にエッチング部308を形成し面取り部6を形成する。図8(r)のパターンで保護膜302、303を形成すればよい。図7(h)は主面701を有し、確実に切断面312に垂直な面で切断するのに利用する。ただし、一般的に脆い薄い板厚の部分が周囲に形成されるために輪郭がワレて凹凸になり

やすく利用しない。図8(p)のように図8(o)と比較して十分に広く取り除き部幅寸法306を確保すればよい。図7(i)と図7(j)は主面2にドライエッチング部402を有し、主面2をドライエッチング加工してもよい。図7(k)のように主面2、3両方に凹形状を形成して薄板部4を形成しても良い。図8(t)の保護膜301、302を形成すればよい。図7(m)のように薄板部4の主面の面積が両側で異なってもよい。図8(o)、図8(p)、図8(q)は保護膜303を形成しなくても良いが、枠部5の板厚も薄くなる。しかし両方の主面よりエッチング加工するため加工する深さが減少する分、主面2の面粗さは良くなる。ドライエッチング部402は、ドライエッチングにより加工した。エッチング速度の速いウェットエッチングにより大まかに形成した薄板部401を、エッチング速度が遅いことを利用して微細に板厚を調整し、板厚204の薄板部4に板厚調整する。また、ドライエッチングによる板厚保調整は、面粗さはエッチング速度の遅いエッチング用液を利用して処理するより面粗さが荒れない。ただ、 $500\text{Å}/\text{min}$ とエッチング速度が遅いため、処理時間によるコストの点からドライエッチングにより板厚調整するのは $10\mu\text{m}$ 程度が限界である。

【0030】以下に、図4に沿って圧電デバイスの製造手順の一例を述べる。本例の圧電デバイスである水晶振動子は水晶片1と電極101、102と蓋であるリッド410と保持器405で構成される。図2と同じ方向の断面である。図4(a)は、機械加工によるウエハー形成工程であり、ランバートという結晶板をバンドソーやワイヤソーなどでz'方向とx方向の寸法1インチ弱の寸法で切断し、これをATカットで板状に切断する。切断後にこれを研削、または両面または片面をラッピング、さらにポリッシュするなどして厚みおよそ $80\mu\text{m}$ 程度のウエハー301にする。ATカットの他にZカット、Yカット、SCカットなどある。SCカットなどは高安定の水晶振動子に利用する。図4(b)は、保護膜全面形成であり、主面2と主面3にそれぞれエッチング加工に耐久性のある保護膜として保護膜302と保護膜303をスパッタにより成膜した。Crを 200Å 、Auを 2000Å で形成した。それぞれ同時または別々に形成しても良い。またスパッタの他、電子ビームや抵抗加熱などの蒸着を使用しても良い。

【0031】図4(c)は、保護膜302のパターン形成とエッチング加工である。保護膜302のパターンの形成はフォトリソ技術を利用する。レジストを保護膜302上に塗布し、目的のパターンの露光マスクを挟んで露光し、レジストを現像し、保護膜が溶解する液に浸けることで、保護膜302に保護膜取り除き部304、305を取り除いたパターンを形成する。保護膜形成工程は、図4(b)と図4(c)の保護膜302のパターン形成を合わせて言う。保護膜形成工程は、保護膜取り除

き部304、305を取り除いたパターンで保護膜302を形成すればよく、例えば、図4(b)のスパッタ時に同様のパターンの窓があったスパッタ用マスクを金属源とウエハー301の間に挟みスパッタしても良い。簡易的で工程も少なくすむがパターンの縁がぼやけ易く、本例のようにフォトリソ技術を利用したほうが寸法精度がよく安定した表側主面寸法203や、面取り部幅寸法204や面取り部深さ寸法310を確保できる。

【0032】レジストは(c)のエッチング加工前、エッチング加工後にリムパーで剥離してもよく、保護膜302、303は(c)のエッチング加工後、または(d)の切断加工後に剥離してもよい。本例では、レジストと保護膜302、303は(c)のエッチング加工後に剥離した。切断加工前におこなうハンドリングよく50個の水晶片1を同時に処理できる。エッチング加工は、保護膜取り除き部304、305を取り除いた保護膜302と、主面3の全面に保護膜303とを形成したウエハー301をエッチング用液に浸けて保護膜302、303に覆われていない主面2から溶解し、エッチング部307、308を同時に形成する。このときエッチング部307により、主面2の一部を凹形状にして、薄板部4と枠部5が形成する。さらに、面取り部6が形成する。このように水晶を溶解し加工するエッチング加工でエッチング部307を溶解し主面2の一部に凹形状を形成するのをウェットエッチング加工工程とする。ドライエッチングによる水晶のエッチング加工も可能だがエッチング速度が $500\text{Å}/\text{min}$ と遅く、生産性ではウェットエッチングに劣る。しかし、加工後の荒さでは有利である。

【0033】図4(d)は、切断加工で、ダイシングソーで切断線312に沿って切断した。レーザーなどによる加工やカッターなどによる加工もあるが、シリコンウエハーをICチップへ分離する切断加工で実績あるダイシングソーを利用したが、水晶を加工するのに実績あるワイヤソーを利用しても良い。特にワイヤソーでは複数のウエハー301を重ねて同時に切断加工する場合に有効である。このように切断加工しウエハー301より2個以上の水晶片1を分離する工程を切断加工工程とする。ダイシングソーでは一枚ずつテープに貼り、ウエハー301に設けた基準線でアライニングして基準線から等間隔で切断した。ブレードを回転させて加工し、加工点に水をかけて等間隔に切断していく。ウエハー301がテーブルごと回転しx軸方向とz'軸方向に切断する。回転してx方向の基準線とz'方向の基準線を保護膜303を剥離後のウエハー301の主面3の上にレジストとフォトリソ工程により設けた。この基準線は図5における切断線312のうちそれぞれ一本ずつ交差させて形成した。このレジストで形成した基準線の端が切断線312に相当するようにする。

【0034】またレジストによる基準線はエッチング加

工で主面2にエッチング部307、308と同時に形成したマークにより位置を決定した。露光機は裏面のマークで表の位置を決定する機能を持つものを利用した。基準線はダイシングによる切断加工において薄板部4と水晶片1の輪郭との位置関係を決定する重要な線である。つまり、図7(a)のように水晶片1を形成する予定が、図4(d)のように凹形状が一方方向によってしまうこともある。基準線は保護膜303の一部を利用してもよく、また保護膜302、303の剥離後のウエハー301に電極101または電極102を形成しこれの一部を利用したり専用のマークを形成しても良い。切断面7はブレードを回転させそこに水を照射しながら主面3にほぼ垂直に切断加工する。面取り部6を設けることで、切断面7と面取り部6の境にチッピングがでにくくなり、そこから熱衝撃などでワレたり特性がバラついたりするのを防止する。図9のように主面2と切断面7が垂直の場合チッピングが生じ易い。また、ダイシングソーによりマトリックス状に切断加工すると、図6のフレーム部602や貫通部604で無駄な面積を取る必要もなくなり水晶片1以外の部分が少なくコスト的にも有効である。

【0035】図4(e)は、目的の共振周波数で発振させる必要から適当な板厚201を得るために、ドライエッチングを利用する。主面3全体を一樣に薄くして、所望の板厚201を得る主面2をドライエッチングで得る工程であり、反応性のガスを利用して水晶片1の板厚を薄くするのをドライエッチング工程という。本例ではCH₄を使用した。このとき、効率良く、かつ主面表面の平坦度を保つため、ウェットエッチングなどを複合して利用してもよい。図4(c)におけるエッチング加工で板厚201にあわても良いが、通常ウェットエッチングによる加工はエッチング速度が速く、100MHz以上の基本波振動子の板厚をそろえることが困難である。エッチング用液の組成や温度によりエッチング速度を遅くできるが、エッチング速度を遅くした条件では主面3の表面粗さが大きく荒れたりする。ドライエッチングによる最終の板厚201の合わせこみは、エッチング速度が $500\text{Å}/\text{min}$ 程度と遅く、ウェットエッチングと比べて表面を荒らすことなく加工する。電極101または電極102の加工による周波数調整幅は、数百〜数千Å程度と有限である電極102の厚み分しか調整できないため、図4(d)において板厚201を電極102による周波数調整限界範囲以内にまで調整しておく必要がある。本例では、先に周波数を個々の水晶片1について測定し $\pm 300\text{ppm}$ の範囲で仕分けし、50個単位で同時にドライエッチングした。主面3をドライエッチングにより周波数に換算して $165.00\text{MHz} \pm 300\text{ppm}$ に相当する板厚で調整した。

【0036】図4(f)は電極の形成であり電極形成工程である。この工程後に水晶振動素子となる。洗浄後に

スパッタにより真空中で水晶片1に電極を成膜する。また電極101は、蒸着マスクに穴をあけ形成し500 μ m角の四角形である。電極102は、一度主面3の全面に金属膜をつけ、フォトリソ技術で形状を作成し寸法精度を確保し、x方向200 μ m、z'方向300 μ mの寸法で形成している。共振周波数は電極の配置により150.00MHz程度となり目的の周波数より \pm 3000ppm以内となる。電極102は主面2に回しこんである。電極101、102は電子ビームや抵抗加熱蒸着のより蒸着で形成しても良い。ただなるべく高真空中で形成した。電極はフォトリソ技術で形成する場合、図4

(c)の剥離後に金属層をつけ、フォトリソ技術で電極を形成すると、図6の貫通部604がない分レジストの凹凸や水晶片1のねじれによる電極102の位置ズレすることを防ぐ。

【0037】図4(g)は、保持器405への水晶片1の固定、さらに電極102を加工し共振周波数を調整する周波数調整、さらに保持器405にリッド410で蓋をし封止する組み立て工程である。保持器405への水晶片1の固定は支持剤406、408を利用して固定するが、導電性を有して固定と端子407、409への導通を兼ねている。電極102は回しこんである主面2に配した部分において支持材408により固定、さらに端子409まで導通をとる。支持剤406、408は導電性パンプ、非導電性パンプ、導電性接着剤、さらに非導電性接着剤などがある。電極102は回し込まずに、電極101と対向した領域より避けるように引き出した主面3上的一部分において、ワイヤボンディングなどにより導通をとり、固定は非伝導性の支持材を利用するなど別の手段を利用しても良い。これにより確実に導通をとる。導通とは、電気的に接続していることを言う。一方、電極101は、裏側電極102と対向した領域より避けるように引き出した部分で支持材406により保持器405に固定と共に、端子407に導通をとっている。保持器405はセラミックパッケージを使用し、リッドは金属製を使用した。

【0038】周波数調整は保持器405へ水晶片1を固定した後、リッド410により密閉する前に行い、電極102をイオンガンで削りおこなった。周波数調整における電極の加工は、電極を削るエッチング方式と、電極に重量をつける加重方式がある。エッチング方式はイオンガンやレーザーやスパッタや研磨などでおこなわれ、電極を削ることで主振動の共振周波数は高くなる。本例ではA⁺イオンで保持器405に固定後に電極102の表面をイオンガンを利用したエッチング方式により削った。加重方式では、スパッタや蒸着や塗布などにより電極表面に積層し、裏側電極102を積層することで主振動の共振周波数は低くなる。一般的にはAuやAlなどを積層する。エッチング方式は小さな電極を加工するのに向く。このとき、共振周波数を端子407と、端子4

09をネットワークアナライザなど周波数測定装置に接続して周波数を測定しつつ調整する。本例は150.0MHzの \pm 2ppmに調整した。

【0039】封入は本例ではリッド410を保持器405に載せ窒素中で電圧をかけ、保持器405に配された金属膜とリッド410が溶接され密閉する。保持器405は水晶振動素子を外気から遮断しつつ水晶振動素子を回路上で利用するために使用する。セラミックや、圧電体や、金属などの材料からなる。セラミックは表面実装型の圧電デバイスで一般的に利用され、圧電体は圧電デバイスと同じ材料を利用することで温度変化による共振周波数の変化などを防ぐ。金属は外壁を薄くしやすくセラミックより小型なパッケージを作りやすい。本例では、セラミックのSMD型の保持器405であり平板とロ型板を積層構造にして凹構造を形成し、凹構造内に水晶振動素子を収める2層積層型である。外側の端子407、409は、保持器405の内側から導通とるためにセラミックの張り合わせ前に金属膜を回しこんで導通線が配されている。

【0040】その他に、平板とロ型板の間にもう1枚はさんで段を形成し、ここで水晶振動素子を固定する3層積層型や、平板だけの1層型もある。3層積層型は水晶振動素子の下に空間ができるためにそこに共振回路を含むICチップを設置して水晶振動素子と接続し、圧電体片が水晶片の場合、水晶発振器や、さらに電圧による周波数可変機能を付加して電圧制御型水晶発振器または周波数変動による加速度検知などのセンサーにしてもよい。水晶発振器や電圧制御型水晶発振器は本発明の圧電振動素子の安定度が増す特徴を生かし、信頼性ある小型な表面実装型圧電デバイスである。この場合、パッケージの外側にある端子407、409の他に電源電圧入力端子や、出力端子や、アース端子及び周波数制御入力端子などを備えてICチップと接続する必要がある。リッド410は平板型や、ドーム型などがあるが、コストや製造方法により選択すればよい。本例で封入とは、圧電振動素子を保持器に固定し封止することである。蓋をして密封することを封止するといひ、封止方法は抵抗溶接封止、ガラス封止、ハンダ封止及びAu-Su封止などがある。封止方法により封止剤も決める。保持器405の内部は窒素や不活性な気体の雰囲気中で保たれたり、真空中に保ち電極などの劣化を防ぐなど水晶振動子の経時変化を防ぐ。封止方法や内部雰囲気やコストにより保持器405とリッド410は決めればよい。

【0041】(実施例2) 図9は主面2の一部に凹形状を形成し、凹形状の板厚の薄い部分である薄板部4に電極101と電極102を対向させて配して主振動を得る、主振動の共振周波数が100MHzの圧電振動素子である。図10はその断面図である。図9と図10を中心に、図8で説明する。薄板部4は図10のように主面2と主面3にはさまれ板厚が17 μ m程度である。AT

カットでは周波数定数＝薄板部の厚さ×主振動周波数で示され、利用する共振周波数により $2\mu\text{m}$ から $40\mu\text{m}$ で変更し 100MHz では $17\mu\text{m}$ とした。0.5インチのウエハー301を切断加工して水晶片1の輪郭を形成するとともに分離し30個を取る。切断加工の前に30個の凹形状をウェットエッチングによるエッチング加工により主面2の一部の板厚を薄くして形成した。切断加工では凹形状を一個ずつ含むような切断線312で切断する。図10のように水晶片1の中央付近の板厚の薄い部分が薄板部4である。薄板部周辺は板厚の厚い強度の高い枠部5を兼ねて、外力に対して主振動が影響を受けずくしたり、製造上のハンドリングを良くする。本例では縁部の厚さは $50\mu\text{m}$ から $150\mu\text{m}$ で作製した。薄板部4の主面2と枠部5の主面2の間に形成される凹形状の内側側面は水晶の異方性やアンダーカットにより主面2に対して垂直にならず方向によって異なった寸法や斜面となる。

【0042】エッチング加工によりウエハーに複数個の凹形状を形成し、切断加工により水晶片1の輪郭を形成し分離することにより、同時に凹形状の形成と輪郭の形成をおこなわないことから、薄板部402の主面2は最適の条件でエッチング加工し、エッチング速度の管理なども容易となり、加工精度が向上し、寸法精度や薄板部の主面の粗さも向上する。さらに、従来のウェットエッチングのみで水晶片1の輪郭を形成するのに比較して、水晶片1をウエハー301に隣接してマトリクス状に並べられ取れ数が増える。

【0043】また、図8において、本例は(q)のような保護膜302のパターンでエッチング加工を行ったが、他の保護膜302、303のパターンにより各種の水晶片1を形成してもよい。副振動軽減のため水晶片1の面取り加工を行う場合、保護膜302に保護膜取り除き部305を設ければよく、面取り部6を形成する。エッチング加工により水晶片1の面取りをおこなうため、従来のような面取り加工に比べて水晶片1の輪郭形状で加工難度が変化したりせず、また水晶片1を個々に加工が必要がなく生産性がよい。また、面取り部6は切断加工による水晶片1を切断する時に生じ易いチッピングなどを防ぐ。

【0044】図9で枠部5は軸方向でいう薄板部4の4方向に存在するが、3方向でも、2方向でも、1方向でもよく、凹形状を形成する場所の保護膜取り除き部304の寸法による保護膜302のパターンと切断線312により決定する。圧電振動素子の枠部5で固定し、外力などによる歪みからくる特性の不安定性を回避する。3方向と1方向に縁部がある圧電振動素子は薄板部4だけで構成される圧電振動素子よりも強度的に強く片側のみで保持器に固定する場合は熱ひずみも緩和でき有効な形状である。図10の水晶振動素子は保持器504へ封入して圧電デバイスである水晶振動子として使用する。

【0045】薄板部4の主面2に電極101を、さらに主面3に電極102を対向して配していることで主振動を得る。主振動とは本例では厚み滑り振動であり、特に厚み滑り振動の基本波振動であるが、オーバートーンを利用してもよく、従来の平板形水晶振動子よりさらに高い周波数を実現可能となる。本例では電極102が電極101より面積が広いが、面積の小さい電極に電気的特性が影響されるため、本来は精度良く形成可能な電極102の面積をフォトリソ技術などを利用して精度よく形成することにより、小さくしたほうがよい。しかし、主面3を削り板厚調整した後に電極102を形成する場合などは、電極101の面積を小さくすることにより、正確な電気的特性を板厚調整前後に測定して不良分けすることが可能である。

【0046】(実施例3) 図2は水晶片1に加わる外力により薄板部が変形することで水晶振動素子の共振周波数が変化し外力が加わったことを感知する。薄板部4とは図2でいう凹形状の底の部分を用いる。強度を向上するため、また支持を有利にするために薄板部4の外周の板厚を薄板部より厚くした枠部5を有する。センサの特性を安定化するため、共振周波数を一定に調整する必要がある。さらに、感度を高めるために薄板部を薄くすると、主面2と凹形状の内側側面のほぼ全体に電極101を配すことで、強度を補強し、その金属膜の厚さを調整して外力による過敏な応答を防止してもよい。

【0047】図2において、電極102は、電極形成用の露光マスクを主面3に近接させられるために、凹形状の底の主面2よりも、精度良い寸法の電極を形成可能である。振動エネルギーの閉じ込め効果を利用する場合、小さな電極に水晶振動子の特性は主に左右されるために、主面3に主面2より小さい面積の電極を精度よく形成することで特性の安定した水晶振動素子を作成する。特に、効率良く水晶片1に発生する電荷を拾うため複雑な形状にする必要もあり電極形成時における加工精度も重要である。この時、不用振動を回避するため、または一部を慣性力に影響されやすい質点として電極102の一部を加工せずに残す場合がある。図4において、水晶片1をウエハー301より切断加工して分離を水晶振動素子の形成で最後におこなった。切断加工の前に、ウエハー301に複数の凹形状をウェットエッチングにより形成し、電極102を形成した。板厚を微調整し正確に合わせ込むため主面2をドライエッチングにより加工して薄板部4の板厚を薄くすることで調整した。さらに電極101を形成し、周波数調整には、電極102をイオンガンにより均一に削った。より多くの工程において水晶片1を分離しないで製造することで、ハンドリングよく水晶片1のエッチング加工や、板厚調整や、洗浄や、レジスト剥離や、保護膜剥離、各種検査などを効率よく処理でき、さらに電極101、102を同時に効率よく形成する。貫通した穴の開いていないウエハー301の

状態で電極102をフォトリソ技術で形成するためにレジストの凹凸が小さく、ウエハー301が露光時にゆがむことなく精度よく電極を形成できる。

【0048】図4において、保持器405は密封しつつ感知した周波数変動情報を取り出す薄型の表面実装型の器である。電極101を保持器405へ向けて設置する。保持器405は外部電源用の端子とセンサー信号を出力するための端子407、409を備え、別にアース用の端子や外部制御用の端子などを備えていてもよい。材質は、セラミックのSMDパッケージであり圧電振動素子の下にICチップを収めてよい。ICチップを収める場合には、圧電振動素子の発振回路と外力により変化した共振周波数と通常の共振周波数との差を計算する回路を配する。

【0049】図3において、機械加工により作成したATカットのウエハー301に、保護膜302、303を成膜し、フォトリソ技術によりパターンを形成する。図3のようなパターンで保護膜302、303を形成したウエハー301をエッチング用液に侵すことで水晶片1に凹形状を形成する。この時、エッチング部308も溶解することで面取り部6を同時に形成する。面取り部6は図5の(d)のように薄板部402を囲うように形成する。ただし、ウエハー301が後の工程でフレタリせず充分な強度を保つために、取り除き幅寸法306を調整し面取り部幅寸法204と面取り部深さ寸法310を決定する。エッチング部308の付近に切断線312を設定し切断加工し切断面7を形成するとともに水晶片1の輪郭を形成し個々に分離する。板厚の調整や電極の形成さらに周波数の調整はウエハー301でバッチ処理をする。これにより小さい圧電振動素子を個々に取り扱うよりハンドリングを良くする。

【0050】圧電振動素子とは、結晶軸に対してある決められた幾何学的形状・寸法および角度に切断した圧電体片に電極を配して電荷をかけ振動を得る素子である。圧電振動素子を保持器に封入して圧電デバイスとして使用する。主に圧電体片に水晶やランガサイトやニオブ酸リチウムを利用した振動子や発振器やセンサーなどである。水晶においては圧電体片は水晶片、圧電振動素子は水晶片と電極で構成される素子、圧電デバイスは水晶振動子や水晶発振器やセンサーなどで、水晶片は主にATカット、Zカット、またはSCカットなどの水晶片である。主面からみた圧電体片の輪郭は4角形、3角形、円型などがある。本例では主面の一部の板厚を薄くした薄板部と、前記一部を除く板厚の厚い枠部とからなる圧電体片と、前記薄板部の両側の主面に配する電極を有する圧電振動素子は、主面に凹形状を形成した凹形圧電振動素子である。本例の圧電体片は、2個以上の前記圧電体片を取るウエハーの一部の板厚を、ウエットエッチングとドライエッチングのうちの少なくともいずれか一方を利用して薄くエッチング加工した後、このウエハーをダ

イシングソーとワイヤソーのうちのいずれか一方を利用して切断加工して分離し形成した。一部とは凹形状を形成し薄板部をえる領域である。さらにエッチング加工にて、後に切断加工で切断する切断線の付近を同時にエッチング加工し、少なくとも一方の主面の縁端を面取りした面取り部を形成しても良い。凹形状は圧電体片の輪郭に対して接しても、片方にズラして形成しても良い。両方の主面に凹形状を形成しても良い。凹形状の底である薄板部はウエットエッチングによるエッチング加工の後に再度ドライエッチングにより板厚を調整してもよい。面取り部は形成しなくても、一方の主面または両方の主面に形成して保護膜のパターンにより決定する。面取り部の面取り部幅寸法と面取り部深さ寸法は保護膜を取り除く寸法による保護膜のパターンにより調整する。電極はAu、Ag、Al、Cr、またはNiやそれらの合金で形成され、層状になっていてもよい。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、寸法精度や主面の表面粗さに優れ、さらに副振動対策のなされた特性を安定にした圧電振動素子を実現する。さらに面取りの加工の生産効率を確保し、前記のような圧電振動素子の製造方法を提供する。面取りを自由な寸法で行い副振動の軽減や副振動の共振周波数を任意に調節し、さらにウエハーの強度を確保したり調整する。本発明の製造方法を用いて圧電振動素子を製造することによって、本発明の製造方法を用いずに圧電振動素子を製造する場合と比べて、以下のような特有の効果を奏する。すなわち、圧電体片がコンタクト露光やレジストの凹凸により変形しないことから、位置ズレや寸法ズレを防止し正確に電極を形成する。エッチング加工による凹形状の形成と、切断加工による圧電体片の輪郭の形成に分けることで、板厚を薄くするウエットエッチングに最適化な条件で処理ができ表面粗さが良くなる。また、取れ数が増え生産性が良くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電振動素子の一例である。

【図2】本発明の圧電振動素子の断面図である。

【図3】本発明のウエットエッチング工程での断面図である。

【図4】本発明の圧電デバイスの製造手順の例である。

【図5】本発明の圧電振動素子の製造手順の例である。

【図6】従来のウエットエッチングによる製造手順の例である。

【図7】本発明の圧電振動素子の断面図である。

【図8】本発明の保護膜のパターン例である。

【図9】本発明の圧電振動素子の一例である。

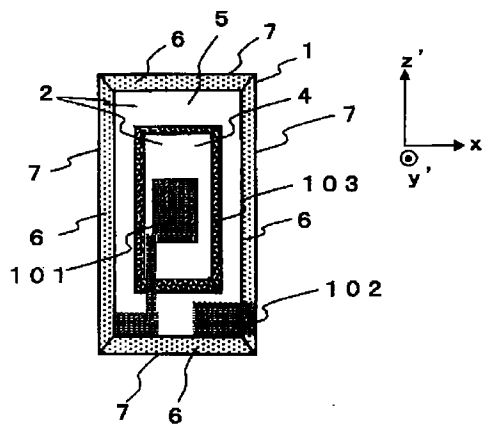
【図10】本発明の圧電振動素子の断面図である。

【図11】本発明の主振動と副振動の振動モードの例である。

【符号の説明】

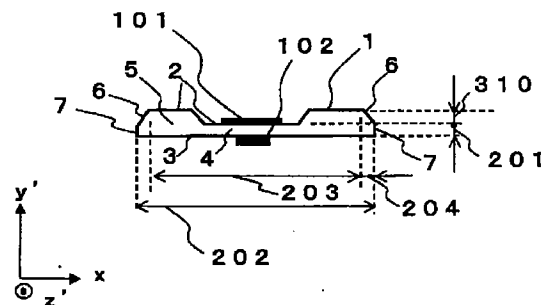
- 1 水晶片
- 2 主面
- 3 主面
- 4 薄板部
- 5 枠部
- 6 面取り部
- 7 切断面
- 101 電極
- 102 電極
- 201 板厚
- 202 裏側主面寸法
- 203 表側主面寸法
- 204 面取り部幅寸法
- 301 ウエハー
- 302 保護膜
- 303 保護膜
- 304 保護膜取り除き部
- 305 保護膜取り除き部
- 306 取り除き部幅寸法
- 307 エッチング部
- 308 エッチング部
- 309 エッチング部幅寸法

【図1】

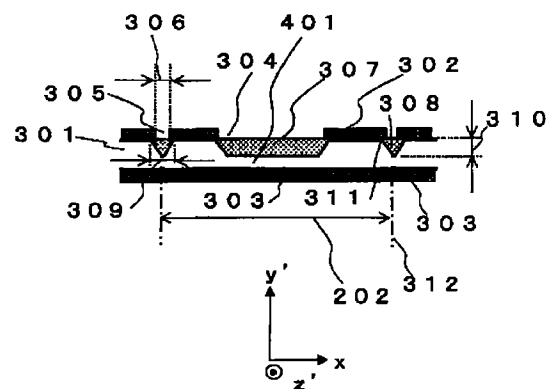


- 310 面取り部深さ寸法
- 311 アンダーカット部
- 312 切断線
- 401 薄板部
- 402 枠部
- 403 ドライエッチング部
- 404 充填雰囲気
- 405 保持器
- 406 支持材
- 407 端子
- 408 支持材
- 409 端子
- 410 リッド
- 601 接続部
- 602 フレーム部
- 603 保護膜取り除き部
- 604 貫通部
- 801 エッチング部
- 802 保護膜取り除き部
- 901 プラス領域
- 902 マイナス領域

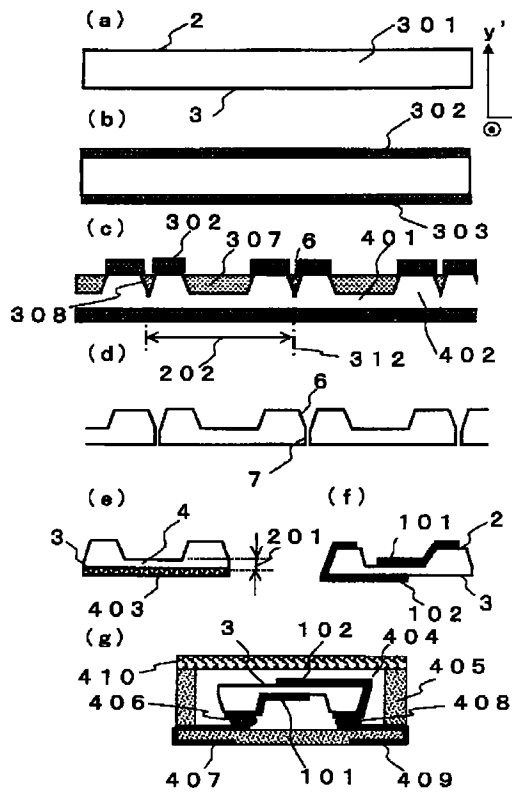
【図2】



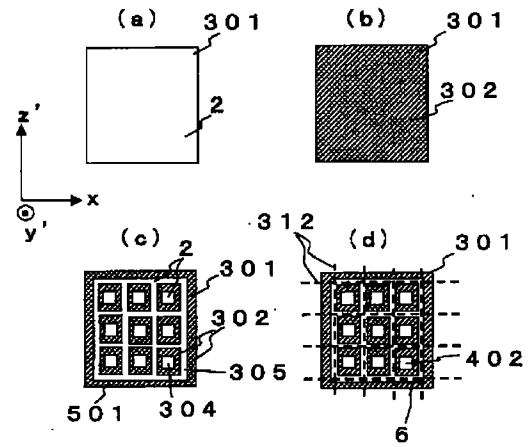
【図3】



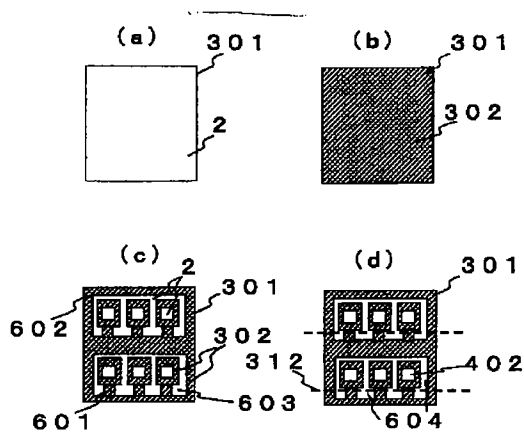
【図4】



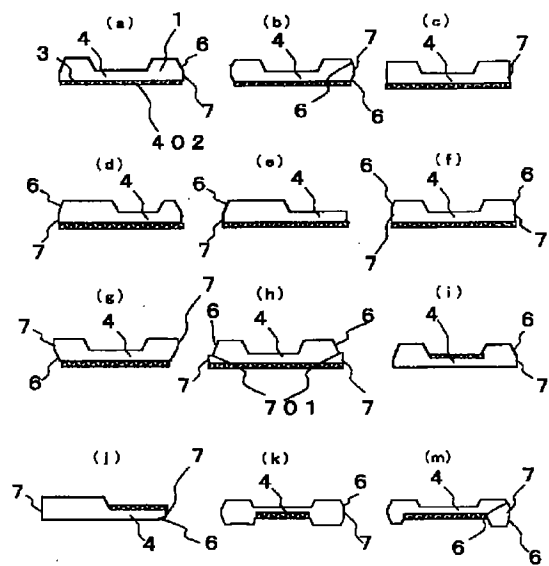
【図5】



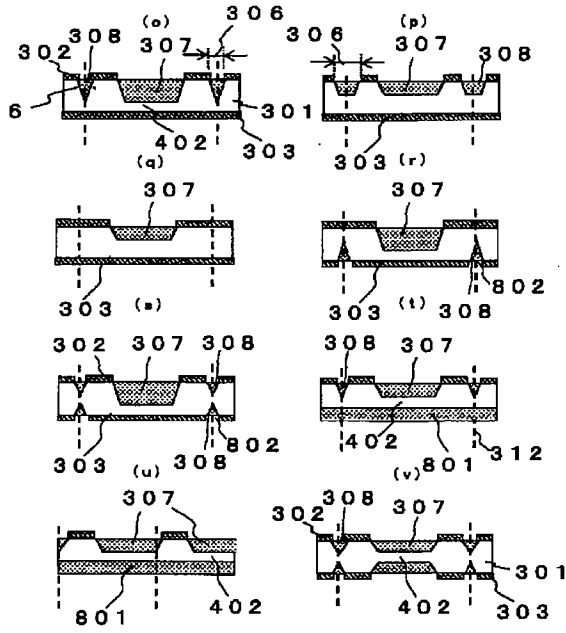
【図6】



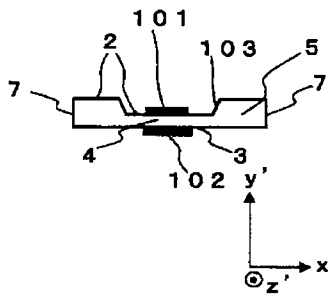
【図7】



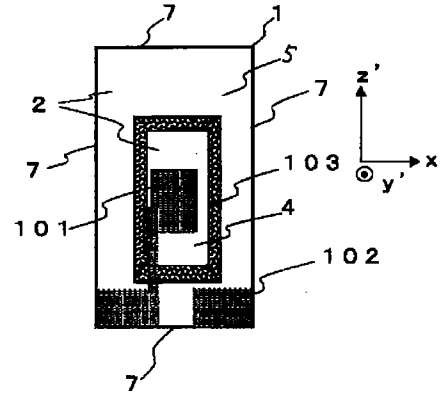
【図8】



【図10】



【図9】



【図11】

